



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2018/2019

Nº de proyecto  
191

Título del proyecto  
APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL  
DIAGNÓSTICO DE OSTEOPOROSIS MEDIANTE EL ANALISIS DE  
ORTOPANTOMOGRAFIAS COMO AYUDA A LA ENSEÑANZA E INVESTIGACION

Nombre del responsable del proyecto  
VICENTE VERA GONZALEZ

Centro  
FACULTAD DE ODONTOLOGIA

Departamento  
ODONTOLOGIA CONSERVADORA Y PRÓTESIS BUCOFACIAL

## 1.- OBJETIVOS PROPUESTOS

Como objetivo general, se planteó el desarrollo de técnicas de inteligencia artificial para ayudar al diagnóstico de osteoporosis mediante la herramienta radiográfica usada en Odontología, la Ortopantomografía, incidiendo en aspectos específicos docentes y de investigación.

Se propusieron las siguientes líneas de OBJETIVOS GENERALES, junto con sus propuestas de valor, problemas que resuelven y necesidades a las que responden:

1. Desarrollar una aplicación inteligente como ayuda al diagnóstico de la osteoporosis en odontología. Resuelve el problema de la medida de indicadores efectivos en la Ortopantomografía para determinar el grado de osteoporosis de forma automática, respondiendo así a la necesidad en odontología de automatización, con fines de precisión en la medida de los indicadores de osteoporosis, ya que de forma se hace prácticamente inviable, y además facilita el almacenamiento de datos para su posterior tratamiento mediante técnicas inteligentes. Este objetivo general se concreta en los siguientes OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

O1.1: Crear una base de datos de casos clínicos con datos clasificados.

O1.2: Desarrollar métodos inteligentes de tratamiento de imágenes para el cómputo de índices y texturas para el diagnóstico de la osteoporosis: extracción y caracterización de bordes y regiones en imágenes, clasificación y aprendizaje de texturas.

O1.3: Desarrollar métodos específicos de tratamiento de datos estadísticos con fines de validación de los desarrollos y diagnóstico de la osteoporosis.

2. Transferir el conocimiento al sector productivo en odontología y traumatología directa e indirectamente. Aborda el problema de proporcionar una metodología de diagnóstico automático en odontología y resuelve la necesidad de disponer una herramienta inteligente amigable y útil. Se concreta en los siguientes OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

O2.1 Diseminar y publicar los resultados conjuntos obtenidos en revistas especializadas, con preferencia en las que poseen índice de impacto.

O2.2 Proteger los resultados como registro de la propiedad intelectual o mediante modelo de utilidad en relación al procedimiento en el cómputo de los índices de osteoporosis.

3. Mejorar la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. Aborda un problema motivacional importante dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. Así, desde odontología se plantea un problema real, proporcionándose una solución informática aplicando conocimientos y técnicas específicas derivadas de las disciplinas docentes y devolviendo a odontología la posibilidad de estudio y análisis de datos de una forma amigable, automática y con posibilidad de su fácil reproducción. Dentro de este aspecto se incluye un aspecto de carácter genérico para favorecer la colaboración multidisciplinar, que además resuelve el problema de lo que se conoce como extracción de conocimiento en el ámbito de la inteligencia artificial, para trasladar el conocimiento implícito y explícito del experto (odontólogos) a los programas inteligentes, para que reproduzcan las capacidades de aquellos, a la vez que se favorece el trabajo en grupo. Este objetivo general se concreta en los siguientes OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

O3.1 Relacionar los contenidos específicos de las materias docentes en odontología e inteligencia artificial con los resultados del proyecto para la realización de prácticas docentes, Vicerrectorado de Calidad 04/04/2018.

O3.2 Someter las materias involucradas a evaluación docente a través del programa DOCENTIA.

## 2.- OBJETIVOS ALCANZADOS

Prácticamente todos los objetivos que propusimos en el proyecto presentado en la convocatoria de 2018 han sido resueltos.

1.- Hemos desarrollado un nuevo método para el procesamiento de ortopantomografías como ayuda al diagnóstico sobre la estructura ósea mandibular en odontología, donde la osteoporosis constituye un aspecto prioritario. Hemos resuelto el problema de la medida de indicadores efectivos, a través del cómputo de índices específicos en ortopantomografías (MCW, PMI, M/M, MCI, GI, AI) para determinar el estado de la estructura ósea mandibular y el grado de osteoporosis.

O1.1: Hemos creado una base de datos de casos clínicos con datos clasificados.

O1.2: Desarrollamos un nuevo método para la identificación de elementos significativos en ortopantomografías mediante métodos para la diferenciación de niveles de intensidad y relaciones estructurales. Se contemplaron métodos basados en clasificación de patrones y multi-umbralización, así como métodos que permiten diferenciar diferentes tejidos

O1.3: Desarrollamos métodos específicos de tratamiento de datos estadísticos con fines de validación de los desarrollos, con especial énfasis en lo que respecta al diagnóstico de la osteoporosis.

2.- Hemos tratado de transferir el conocimiento al sector productivo en odontología y traumatología directa e indirectamente. Abordamos el problema de proporcionar una metodología de diagnóstico automático en odontología mediante una herramienta inteligente amigable y útil.

O2.1 Hemos iniciado el proceso de publicación de los resultados conjuntos obtenidos en una revista especializada, con índice de impacto JCR. (Anexo 1)

O2.2 Todavía no hemos protegido los resultados como registro de la propiedad intelectual o mediante modelo de utilidad en relación al procedimiento en el cómputo de los índices de osteoporosis.

3.- Creemos que hemos mejorado la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. Abordamos un problema motivacional importante dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. Así, desde el campo dental se planteó un problema real, proporcionándose una solución informática aplicando conocimientos y técnicas específicas derivadas de las disciplinas docentes y devolviendo a odontología la posibilidad de estudio y análisis de datos de una forma amigable, automática y con posibilidad de su fácil reproducción. Dentro de este aspecto se incluye un aspecto de carácter genérico para favorecer la colaboración multidisciplinar, que además ha resuelto el problema de lo que se conoce como extracción de conocimiento en el ámbito de la inteligencia artificial, hemos trasladado el conocimiento implícito y explícito del odontólogo a los programas inteligentes, reproduciendo las capacidades de aquellos, a la vez que se favorece el trabajo en grupo. Este objetivo general se concreta en los siguientes sub-objetivos:

O3.1 Pudimos relacionar los contenidos específicos de las materias docentes en odontología e inteligencia artificial con los resultados del proyecto para la realización de una tesis doctoral.

O3.2 Hemos sometido las materias involucradas a evaluación docente a través del programa DOCENTIA.

### 3.- METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROYECTO Y DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

**Metodológicamente**, el proyecto se planteó bajo dos puntos de vista: científico-técnico y formación integral en el proceso enseñanza-aprendizaje. Para abordar el primer aspecto se diseñaron 5 paquetes de trabajo (PT1 a PT5), que se describen a continuación, mientras que para el segundo se diseñó el PT6. El procedimiento metodológico constó de las siguientes fases:

- 1) Reuniones de inicio, definición de requisitos y distribución de actividades.
- 2) Reuniones de cada equipo (odontología, informática) para asignación de tareas específicas.
- 3) Estudio y análisis de datos recopilados y métodos inteligentes.
- 4) Desarrollo y pruebas de validación con reuniones de seguimiento (una al mes).
- 5) En cada asignatura y en el momento oportuno: explicar el proyecto, elaborar material docente, proponer trabajos (Grado, Máster, Doctorado). Someter las asignaturas a DOCENTIA.
- 6) Publicar y registrar los resultados obtenidos
- 7) Plantear acciones conjuntas de futuro.

**El plan de trabajo** se estructuró en 6 PTs con desglose de actividades (Ax.y), identificando los objetivos específicos previos (Obj: Ox.y), cronograma, personas responsables (Resp) y participantes (Part) (identificados por las iniciales, según la sección de recursos humanos), hitos (Hx.y) y desarrollo de las actividades en meses desde (Julio 2018- Mayo 2019) ([en azul](#)).

#### PT1: Coordinación y gestión

A1.1: Gestión y seguimiento del proyecto, evaluación de riesgos, soluciones técnicas y decisiones docentes; Resp: VV, GP; Part: todos. ([Julio 2018-Abril 2019](#))

A1.2: Definición de requisitos odontológicos a cubrir. Resp (VV, IA); Part (EG, MP, DA). ([Julio 2018](#))

A1.3: Definición de requisitos técnicos en Inteligencia Artificial y aplicaciones docentes. Resp (GP); Part: (MM, JG, JD, MH, JH). H1.1: documentación de decisiones e implantación docente. ([Julio 2018](#))

#### PT2: Selección de casos reales

A2.1: Identificación de Ortopantomografía con y sin síntomas de osteoporosis, acordes con la Ley de Protección de Datos. Resp (VV, IA); Part (EG, MP, DA). Obj: O1.1. H2.1: Base de datos con descripción de los ejemplos. ([Agosto- Septiembre 2018](#))

#### PT3: Técnicas de Inteligencia Artificial

A3.1: Análisis del estado del arte sobre técnicas inteligentes para medida de la osteoporosis y otras patologías. Resp: (VV, IA); Part: (EG, MP, DA). Obj: O1.1, O1.2, O1.3. H3.1: descripción de métodos aplicables. ([Agosto- Septiembre 2018](#))

A3.2: Desarrollo de técnicas inteligentes: segmentación de imágenes, reconocimiento de bordes y regiones, descripción de texturas, aprendizaje automático. Resp: GP; Part: (MM, JG, JD, MH, JH). Obj: O1.2. H3.2: Herramienta informática inteligente (prototipo). ([Agosto 2018- Enero 2019](#))

#### PT4: Validación de los desarrollos

A4.1: Verificación de las técnicas inteligentes. Resp: (VV, IA, AG); Part: (EG, MP, DA). Obj: O1.2 ([Noviembre 2018- Marzo 2019](#))

A4.2: Análisis estadístico de datos y verificación de los índices corticales y texturas para determinar el grado de osteoporosis sobre la base de datos generada. Resp: (VV, IA); Part: (EG, MP, DA, AG). Obj: O1.1, O1.3 H4.1: Documento sobre el funcionamiento de la herramienta y análisis de los datos obtenidos. ([Diciembre 2018- Abril 2019](#))

PT5: Difusión de resultados

A5.1: Difusión de resultados sobre el diagnóstico de la osteoporosis. Resp: (VV, IA); Part: (todos). Obj: O2.1 ([Febrero 2019- Mayo 2019](#))

A5.2: Difusión de resultados de la herramienta inteligente. Resp: (GP); Part: (todos). O2.1

H5.1: Publicaciones científico-docentes. ([Marzo 2018- Mayo 2019](#))

A5.3 y H5.2: Registro de la propiedad intelectual. Resp: (GP, VV, IA, AG); Part: (todos). O2.2

PT6: Implicaciones docentes

A6.1: Preparación de material docente (documentación, ejercicios, prácticas) para las asignaturas: Ingeniería del Conocimiento (Grado Ingeniería del Software), incluyendo métodos de extracción del conocimiento y Visión por Computador (Máster Ingeniería de Sistemas y Control). Resp: (GP); Part: (MM, JG, JD, MH, JH). Obj: O3.1, O3.2

([Septiembre 2018- Marzo 2019](#))

A6.2: Preparación de material docente en la asignatura Clínica odontológica Integrada. Resp: (VV, IA); Part: (EG, MP, DA). Obj: O3.1, O3.2 H6.1: material disponible en el Campus Virtual.

A6.3 y H6.2: someter las asignaturas previas a DOCENTIA. ([Marzo- Abril 2019](#))

#### **4.- RECURSOS HUMANOS**

##### **F. ODONTOLOGÍA**

- 1) Dr. Vicente Vera González (VV): Profesor titular. Evaluación Docente positiva, curso 2015-16. Coordinador-Responsable de la asignatura de Patología y Terapéutica Dental II y Coordinador de la asignatura Clínica Odontológica Integrada, área de Conservadora.
- 2) Dr. Álvaro Enrique García Barbero (EG) Profesor titular. Sub-director del Departamento de Odontología Conservadora y Prótesis Buco-Facial.
- 3) Dr. Ignacio Aliaga Vera (IA). Profesor Asociado (A-6) de la asignatura Patología y Terapéutica Dental I e Introducción a la Odontología. Doctor de reciente graduación (2014).
- 4) Dra. María Pedrera Canal (MP). Doctora de reciente graduación (2015). Residente de la Unidad de Medicina nuclear del Hospital Clínico San Carlos Madrid.
- 5) Dr. Daniel Aliaga Vera (DA). Residente de la Unidad del Departamento de Cirugía oral y Maxilofacial del Hospital Universitario Príncipe de Asturias.
- 6) Dra. Ana Gómez (AG). Profesor asociada (A-6) de Patología y Terapéutica Dental II. Facultad de Odontología. UCM

##### **F. INFORMÁTICA**

- 1) Dr. Gonzalo Pajares (GP): Catedrático. Coordinador de las asignaturas Ingeniería del Conocimiento y Visión por Computador involucradas en el proyecto. Director del grupo de investigación ISCAR de la UCM. Director de 21 tesis doctorales, investigador principal en 12 proyectos nacionales e internacionales competitivos en inteligencia artificial. IP en 6 proyectos de innovación docente, 4 en los últimos 4 años. Evaluaciones positivas (9) últimos 5 años.
- 2) Dr. Martín Montalvo (MM): Acreditado a ayudante doctor. Contratado de proyecto bajo la dirección de GP últimos 7 años. Doctor en Informática por la UCM (2015, tesis en Visión por Computador e IA). Miembro del grupo ISCAR.
- 3) Dr. José Miguel Guerrero Hernández (JG): Acreditado a ayudante doctor. Doctor en Informática por la UCM (2015 en Visión por Computador). Contratado de proyectos bajo la dirección de GP durante los últimos 7 años. Miembro del grupo ISCAR.
- 4) Javier Dormido Canto (JD): Estudiante de Máster y contratado de proyecto bajo la dirección de GP durante los últimos 3 años. Graduado en Informática por la UPM. Miembro del grupo
- 5) Miguel Salvador Hinojosa Cervantes (MH): Estudiante de Doctorado financiado por CONACYT-México, procede de la Universidad de Guadalajara (Jalisco) en México. Desarrolla su Tesis doctoral en métodos de segmentación de imágenes, íntimamente relacionados con la investigación propuesta.
- 6) Dr. Pedro Javier Herrera Caro (PH): Profesor contratado en la UNED. Doctor en 2010 con investigación en el CSIC. Docencia en materias relacionadas: Sistemas de Percepción Visual y Sistemas Difusos de Apoyo a la Toma de Decisiones. Coordinador de Innovación del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad Francisco de Vitoria (UFV). Participación en proyectos de innovación docente en la UCM y UFV.

## 6.- ANEXOS

### Anexo 1.- Envío de artículo a revista especializada indexada en JCR.

Correo de Universidad Complutense de Madrid - Track your co-authored submission to Artificial Intelligence in Medicine

14/6/19 12:28



IGNACIO J ALIAGA VERA <ialia01@ucm.es>

---

#### Track your co-authored submission to Artificial Intelligence in Medicine

1 mensaje

---

**Artificial Intelligence in Medicine** <EvisSupport@elsevier.com>

2 de junio de 2019, 12:57

Responder a: EvisSupport@elsevier.com

Para: i.aliaga@pdi.ucm.es

Dear Professor Aliaga,

Submission no: AIIM\_2019\_382

Submission title: Automatic computation of mandibular indices in dental panoramic radiographs for early osteoporosis detection

Corresponding author: Professor Gonzalo Pajares

Listed co-author(s): Professor Enrique García, Professor Vicente Vera, Professor Ignacio Aliaga, Dr María Pedrera

Professor Pajares has submitted a manuscript to Artificial Intelligence in Medicine and listed you as a co-author. This email is to let you know we will be in contact with updates at each decision stage of the submission process.

The link below takes you to a webpage where you can sign in to our submission system using your existing Elsevier profile credentials or register to create a new profile. You will then have the opportunity to tailor these updates and view reviewer and editor comments once they become available.

[http://www.evis.com/profile/api/navigate/AIIM?resourceUrl=%2Fco-author%2F%3Fdgcid%3Dinvite\\_email\\_coauthoroutreach09333657%23%2FAIIM%2Fsubmission%2FAIIM\\_2019\\_382&email=i.aliaga@pdi.ucm.es&firstName=Ignacio&surname=Aliaga&country=Spain&institution=University+Complutense+of+Madrid&title=Professor](http://www.evis.com/profile/api/navigate/AIIM?resourceUrl=%2Fco-author%2F%3Fdgcid%3Dinvite_email_coauthoroutreach09333657%23%2FAIIM%2Fsubmission%2FAIIM_2019_382&email=i.aliaga@pdi.ucm.es&firstName=Ignacio&surname=Aliaga&country=Spain&institution=University+Complutense+of+Madrid&title=Professor)

If you are not a co-author of this manuscript, please contact Researcher Support at: <https://service.elsevier.com>

Thank you very much for your submission and we will be in touch as soon as we have any news to share.

Artificial Intelligence in Medicine

If you do not wish to receive further update emails on your co-authored submission, you can unsubscribe via this link:

<http://www.evis.com/co-author/#/AIIM/unsubscribe/i.aliaga@pdi.ucm.es/5PJA1Ggv8qiYx3DKL1YGkEP1iVrrS0ZQzAkglunJ8fEsB-r3SguX4FbUPaxpH-YPc58QUVx45cnHFPd53fG2kw>